



TUGAS AKHIR – TF145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATURE HEAT EXCHANGER PADA MINI
*DESALINATION WATER PLANT***

**RP. Ifan Fajar Fanani
NRP. 105115 00000 041**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001**

**Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho
ST.,MT.
NIP. 1983201711054**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR – TF145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATURE HEAT EXCHANGER PADA MINI
DESALINATION WATER PLANT**

**RP. Ifan Fajar Fanani
NRP. 105115 00000 041**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001**

**Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho
ST.,MT.
NIP. 1983201711054**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNOLOGI INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT TF 145565

***DESIGN AND BUILD OF TEMPERATURE HEAT
EXCHANGER CONTROL SYSTEM ON MINI
DESALINATION WATER***

**RP. IFAN FAJAR FANANI
NRP 10511500000041**

**Advisor Lecture 1
Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001**

**Advisor Lecture 2
Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho,ST, .MT
NIP. 19832017111054**

**Program Study DIII Technology Instrumentation
Departement Of Instrumentation Engineering
Faculty of Vocation
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE HEAT EXCHANGER PADA MINI DESALINATION WATER PLANT

TUGAS AKHIR

Oleh :

RP. IFAN FAJAR FANANI
NRP. 10511500000041

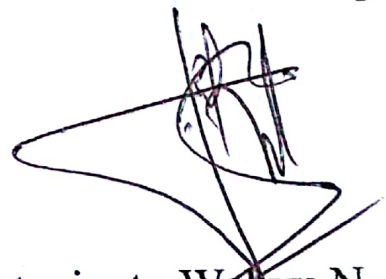
Surabaya, 20 Juli 2018
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing 1



Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito M.Sc.
NIPN. 19620822 198803 1 001

Dosen Pembimbing 2



Dwi Oktavianto Wahyu N. ST.MT
NIPN. 1983201711054

Kepala Departemen Teknik Instrumentasi



Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.
NIPN. 19620822 198803 1 001

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE HEAT EXCHANGER PADA MINI DESALINATION WATER PLANT

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi DIII Teknologi Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :
RP. IFAN FAJAR FANANI
NRP. 10511500000041**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito M.Sc. Pembimbing I
2. Dwi Oktavianto Wahyu N., ST.MT. Pembimbing II
3. Sefi Novendra P., S.Si., M.T. Dosen Penguji I
4. Murry Raditya ST, MT. Dosen Penguji II

**SURABAYA
JULI, 2018**

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR HEAT EXCHANGER PADA MINI DESALINATION WATER PLANT

Nama : RP. Ifan Fajar Fanani
NRP : 10511500000041
Program Studi : DIII Teknologi Instrumentasi
Departemen : Teknik Instrumentasi
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito M.Sc
Dwi Oktavianto Wahyu N. ST.,MT.

ABSTRAK

Dalam proses pembangkit listrik tenaga uap tentunya diperlukan air yang dapat digunakan sebagai make-up water yang sesuai agar tidak merusak pipa pada proses pemanasan pada boiler dan alat pemanasan lainnya. Salah satu cara agar mendapatkan air yang sesuai adalah dengan melakukan desalinasi atau pengembunan air laut dengan bantuan panas dari api. Pada proses desalinasi diperlukan proses pembakaran pada heat exchanger. Pada judul tugas akhir ini dibahas mengenai bagaimana mengendalikan temperatur pada heat exchanger yang dijaga temperaturnya tidak lebih dan tidak kurang pada titik 120 derajat Celsius. Komponen penunjang yang digunakan meliputi sensor RTD PT100, actuator berupa ball valve yang digerakkan oleh motor servo, mikrokontroler berupa Atmega8535, dan visual berupa LCD 16x4 untuk temperatur dan bukaan valve. Didapatkan juga nilai maximum overshoot (M_p) sebesar 2.29%, nilai rise time (T_r) sebesar 120 detik, nilai settling time sebesar 120 detik, dan besar error steady state (E_{ss}) sebesar 2.17% dan mode kontrol yang digunakan berupa Propotional sudah cukup.

Kata Kunci: Desalinasi, Heat Exchanger, Servo, Valve

***DESIGN AND BUILD OF TEMPERATURE HEAT
EXCHANGER CONTROL SYSTEM ON MINI
DESALINATION WATER***

Name : ***RP. IFAN FAJAR FANANI***
NRP : ***10511500000041***
Department : ***Instrument Engineer***
Advisor Lecture : ***Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito M.Sc.
Dwi Oktavianto Wahyu N. ST., MT.***

Abstract

In the process of steam power plants, it is necessary that water be used as a suitable make-up water so as not to damage the pipe pipes in the heating process in the boiler and other heating devices. One way to get the appropriate water is to desalinate or condense the seawater with the help of heat from the fire. In the desalination process required combustion process on heat exchanger. In this final project title discussed about how to control the temperature on heat exchangers that kept temperature not more and not less at point 120 degree Celsius. Supporting components used include RTD PT100 sensor, actuator of ball valve driven by servo motor, microcontroller form Atmega8535, and visual form of LCD 16x4 for temperature and valve opening. Maximum overshoot (Mp) of 2.29%, a rise time value (Tr) of 120 seconds, settling time of 120 seconds, and steady state (Ess) error of 2.17% and control mode used in the form of Propotional is enough.

Keywords: *Desalination, Heat Exchanger, Servo, Valve*

Kata Pengantar

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat dan kebesaran-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Temperatur Heat Exchanger Pada Mini Desalination Water Plant “ tepat pada waktunya. Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua tercinta yang telah memberikan segala dukungan baik moral maupun materil serta dukungan yang sangat luar biasa
2. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Kepala Departemen Teknik Instrumentasi ITS yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada kami
3. Dr.Gunawan Nugroho ST.,MT. selaku dosen wali kami
4. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc dan Bapak Dwi Oktavianto Wahyu N. ST.,MT. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, arahan dan saran yang membantu selama proses pengerjaan tugas akhir.
5. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA, selaku Kepala Laboraturium Workshop Instrumentasi yang telah memberikan izin menggunakan lab workshop instrumentasi sebagai tempat pengerjaan tugas akhir kami.
6. Terimakasih kepada mbak dan mas yang telah mendukung, memberikan motivasi selama ini. Terimakasih kepada DESALINATION TEAM, Helmi, Ananta, Putu, Yunita,Gusti dan Khammamah yang bersama-sama berjuang dalam pengerjaan tugas akhir ini
7. Teman-teman tercinta Workshop Intrumentasi 2015 yang selalu senantiasa memberikan semangat dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini,

8. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh sebab itu, penulis sangat berterimakasih atas segala masukan, kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar laporan ini menjadi lebih baik untuk di kemudian hari. Demikian laporan ini penulis buat, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat selain bagi penulis sendiri, dan bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 23 Juni 2018

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL I	i
HALAMAN JUDUL II	ii
LEMBAR PENGESAHAN I	iii
LEMBAR PENGESAHAN II	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
Kata Pengantar	iii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
BAB II	5
2.1 Desalinasi	5
2.2 Heat Exchanger	6
2.3 Karakteristik Statik	7
2.3.1 Range (span)	8
2.3.2 Linieritas	8
2.3.3 Sensitivitas	8
2.3.4 Histerisis	8
2.4 Kalibrasi	9
2.4.1 Analisa Type A , (U_a)	9
2.4.2 Analisa type B, U_B	9
2.4.3 Ketidakpastian Kombinasi , U_c	10
2.5 Sistem Pengendalian Temperatur dengan Furnace	10
2.6 Sensor RTD PT100	11
2.7 Mikrokontroler Atmega 8535	13
2.8 Motor Servo	14
BAB III	17
3.1 Flow chart Diagram Alir Pembuatan Alat	17
3.2 Metodologi Pengerjaan	20

3.3 Studi Literatur	20
3.4 Perancangan Mekanik dan Elektrik	22
3.4.1 Perancangan Elektrik.....	23
3.4.2 Sensor Temperatur.....	23
3.4.3 Aktuator Motor Operating Valve.....	24
3.4.4 Mikrokontroller Atmega 8535	24
3.4.5 Power Supply	25
3.5 Kalibrasi Sensor Temperatur Burner	25
3.6 Mengetahui Karakteristik Statik alat ukur	27
BAB IV	29
4.1 Pengujian Sensor RTD	29
4.1.1 Karakteristik Statis Sensor RTD PT 100	34
4.1.2 Data hasil percobaan alat	35
4.2 Pembahasan.....	37
BAB V	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	
Lampiran	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram skematik teknologi desalinasi yang umum	3
Gambar 2.2 Desain heat exchanger	4
Gambar 2.3 Blok diagram sistem pengendalian temperatur	9
Gambar 2.4 Komponen penyusun sensor RTD	10
Gambar 2.5 Rangkaian pengukuran jembatan wheatstone RTD PT100.....	10
Gambar 2.6 Rangkaian simulasi RTD PT100 pada aplikasi Proteus	11
Gambar 2.7 Mikrokontroller Atmega8535 dan konfigurasi nya .	12
Gambar 2.8 Komponen motor servo	13
Gambar 2.9 Motor DC	13
Gambar 3. 1 Flowchart Pembuatan alat.....	16
Gambar 3. 2 Block Flow Diagram Sistem Pengendalian Temperatur pada Heat Exchanger	18
Gambar 3. 3 P&ID Sistem.....	19
Gambar 3. 4 Block Flow Diagram Sistem Pengendalian Temperatur pada Heat Exchanger	20
Gambar 3. 5 Diagram blok rangkaian elektrik.....	21
Gambar 3. 6 Diagram blok sensor	22
Gambar 3. 7 Mikrokontroller Atmega 8535	23
Gambar 4.1 Miniplant desalination water.....	29
Gambar 4.2 Grafik uji sensor temperatur naik.....	31
Gambar 4.3 Grafik uji sensor temperatur turun	32
Gambar 4.4 Grafik respon actuator	35
Gambar 4.5 Grafik respon sistem	36
Gambar 4.6 pemasangan sensor suhu	38

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Uji sensor	28
Tabel 4. 2 Respon Aktuator.....	33
Tabel 4. 3 Respon sistem.....	34

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air dan energi secara interdependen selalu, dan akan menjadi kekuatan pendorong untuk pembangunan di dunia. Keduanya secara intrinsik terhubung dan bersama-sama membentuk konsep, "perhubungan". Memang benar bahwa air, meskipun energi itu sendiri (hidroelektrik, panas bumi, lautan), kebutuhan dan bergantung pada energi untuk keseluruhan siklusnya (ekstraksi, pengangkutan, purifikasi, desalinasi, distribusi, dan penggunaan kembali) seperti halnya energi membutuhkan air. Terutama dalam ekstraksi batubara atau minyak, dan konversi selanjutnya menjadi listrik.^[1]

Desalinasi termal, sering disebut distilasi, adalah salah satu cara paling kuno untuk mengolah air laut dan air payau untuk mengubahnya menjadi air yang dapat diminum. Ini didasarkan pada prinsip-prinsip mendidih atau penguapan dan kondensasi. Air dipanaskan sampai mencapai keadaan penguapan. Garam ditinggalkan sementara uap dikondensasi untuk menghasilkan air segar. Di zaman modern, energi panas yang dibutuhkan dihasilkan dalam generator uap, boiler panas buang atau dengan ekstraksi uap tekanan balik dari turbin di pembangkit listrik. Proses desalinasi termal yang paling umum seperti multi-stage flash distillation (MSF), multi-efek distilasi (MED), evaporasi kompresi uap (VC), kogenerasi, desalinasi air matahari.^[2]

Oleh karena itu pada proses desalinasi dibutuhkan penguapan yang cukup tinggi agar hasil uap yang di peroleh lebih maksimal dan temperatur yang tinggi, maka diperlukan pembakaran pada desalinasi, khususnya pada Heat Exchanger. Agar temperature pada Heat Exchanger dapat dijaga tetap panas, maka perlu

dilakukan pengendalian temperature dengan melakukan kontrol pada supply pembakaran di Heat Exchanger.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang sistem pengendalian temperatur heat exchanger berbahan bakar LPG di mini desalination water plant?
2. Bagaimana prosedur dan metode pengendalian suhu pada ruang bakar heat exchanger di mini desalination water plant?

1.3 Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

1. Menghasilkan sebuah sistem Pengendalian temperature *burner* pada mini desalination water plant
2. Mengetahui proses pengendalian temperature *burner* pada mini desalination water plant

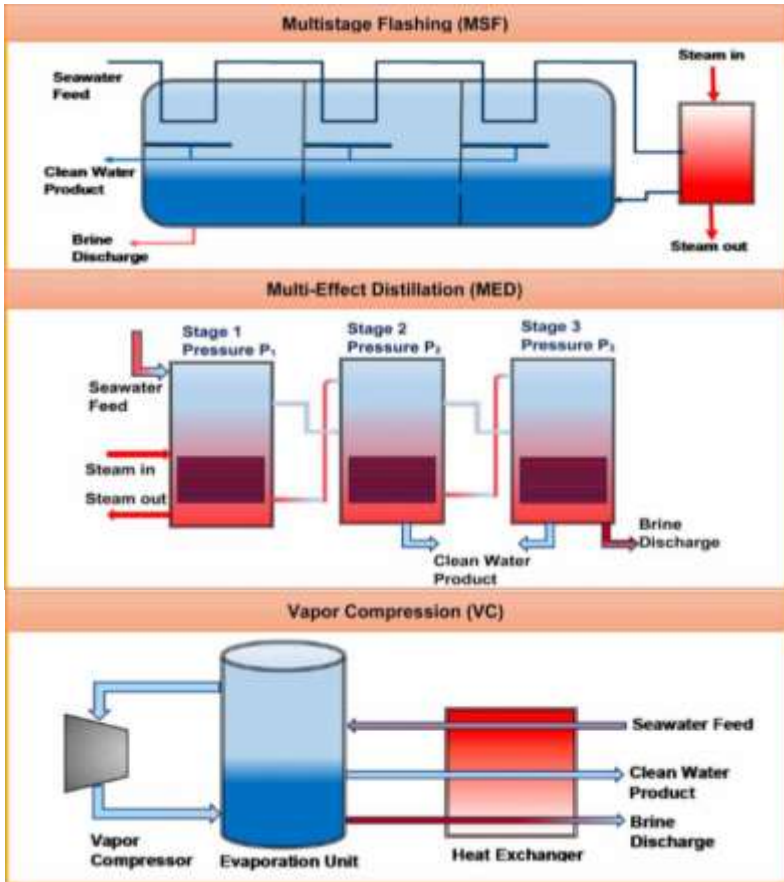
1.4 Batasan Masalah

Adapun ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini yaitu untuk membahas mengenai sistem pengendalian temperature Heat Exchange pada mini desalination water plant.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Desalinasi



Gambar 2.1 Diagram skematik teknologi desalinasi yang umum.

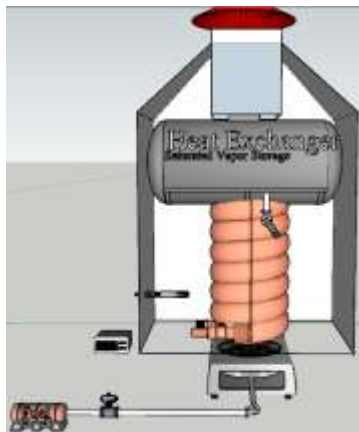
Teknologi desalinasi (Gambar 2.1) diklasifikasikan sebagai teknologi berbasis panas atau membran. Teknologi desalinasi berbasis membran meliputi RO dan elektrodialisis (ED), sedangkan teknologi desalinasi termal meliputi MSF, kompresi

uap (VC), dan distilasi multithreading (MED). Teknologi RO adalah proses penyaringan bertekanan, dimana serat membran semi permeabel digunakan untuk membiarkan hanya air yang melewatinya (Gambar 2.1). Produk RO adalah air tawar sekaligus larutan konsentrat yang tetap berada di sisi membran dengan tekanan tinggi. Prosesnya selesai dalam empat tahap: (1) pretreatment, (2) pompa bertekanan tinggi, (3) membran, dan (4) post-treatment. RO banyak digunakan untuk pengolahan air asin dan air laut garam dan dapat diperluas dengan mudah dari tingkat rumah sampai skala komersial. [1]

2.2 Heat Exchanger

Heat Exchanger atau sering kita sebut Alat Penukar Panas merupakan alat yang berfungsi untuk memindahkan energi panas antara dua atau lebih fluida dan terjadi pada temperatur yang berbeda antara fluida, dimana fluida tersebut ada yang bertindak sebagai fluida panas (hot fluid) dan yang lain bertindak sebagai fluida dingin (cold fluid).

Heat Exchanger dapat digunakan sebagai pemanas (regenerator) maupun sebagai pendingin (recuperator) tergantung pada tinjauan perpindahan panas yang terjadi.



Gambar 2.2 Desain Heat Exchanger

Dalam kehidupan sehari-hari kita tidak akan terlepas pada alat ini baik dari skala kecil, seperti: AC (Air Conditioner)_maupun skala besar, seperti: Powerplant. Jenis heat Exchanger sangat bervariasi dan dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa tinjauan antara lain:

- a. Proses Perpindahan
- b. Jumlah Fluida Kerja
- c. Desain Konstruksi
- d. Bidang Kontak Perpindahan Panas
- e. Arah Aliran Fluida

Besarnya laju perpindahan panas atau potensial panasnya dihitung dengan menggunakan rumus keseimbangan energi dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_h = m_h \times c_{ph} \times (T_{h1} - T_{h2}) \dots \dots \dots (1)$$

Q_h = Heat transfer rate of hot side (kw)

m_h = Mass flow rate of the hot fluid (m/s)

c_{ph} = Specific heat of hot fluid (kj / kg k)

Perhitungan aliran dalam tahap ini dapat dihitung dengan Teori Heat Exchanger (alat penukar panas) [2] persamaan sebagai berikut :

$$Q = U \times A \times \Delta T_m \dots \dots \dots (2)$$

$$\Delta T_m = (T_{h1} - T_{c2}) - (T_{h2} - T_{c1}) / \ln(T_{h1} - T_{c2}) / (T_{h2} - T_{c1})$$

ΔT_m = Log mean temperature different (°C)

T_{h1} = Inner temperature of hot fluid (°C)

T_{c2} = Outer temperature of cold fluid (°C)

T_{h2} = Outer temperature of hot fluid (°C)

T_{c1} = Inner temperature of cold fluid (°C)

A = Heat Transfer Area (m²) (ft²)

Q = Heat transfer rate (kJ/h) (Btu\h)

U = Overall heat transfer coefficient (kJ/h.m².°C) (Btu/h°F)

2.3 Karakteristik Statik

Karakteristik statik adalah sifat sebuah instrumen yang tidak bergantung pada waktu. Beberapa karakteristik statik instrumen yang sering digunakan adalah :

2.3.1 Range (span)

Range menyatakan jangkauan pengukuran sebuah instrumen. Sedangkan span adalah selisih nilai maksimum dan minimum yang dapat diukur oleh alat. Contoh: termometer memiliki range - 0,5 sampai + 40°C, subdivision 0,1°C, artinya kisaran pengukuran - 0,5 sampai 40,5°C, skala interval 0,1°C.

2.3.2 Linieritas

Pengukuran yang ideal adalah jika hubungan antara input pengukuran (nilai sesungguhnya) dengan output pengukuran (nilai yang ditunjukkan alat ukur) adalah berbanding lurus, dan dinyatakan dalam persamaan garis sebagai berikut:

$$O_{ideal} = KI + a \dots \dots \dots (3)$$

dengan K adalah kemiringan garis = $\frac{O_{max} - O_{min}}{I_{max} - I_{min}} \dots \dots \dots (4)$

a adalah pembuat nol (*zero bias*) = $O_{min} - KI_{min}$

Jika sebuah instrumen memiliki hubungan input-output tidak berupa garis lurus, penyimpangan dari garis lurus tersebut dikenal sebagai nonlinieritas. Seringkali nonlinieritas dinyatakan dalam nonlinieritas maksimum dalam bentuk prosentase skala penuh, yaitu:

$$\%NL = \frac{[OKI]_{max} - [OKI]_{min}}{O_{max} - O_{min}} \dots \dots \dots (5)$$

2.3.3 Sensitivitas

menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan “perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan” yaitu $\Delta O / \Delta I$.

2.3.4 Histerisis

Histeresis menunjukkan perbedaan nilai output pembacaan saat menggunakan nilai input naik (dari rendah ke tinggi), dengan nilai

output pembacaan saat menggunakan nilai input turun (dari tinggi ke rendah). Histeresis biasanya dinyatakan dalam histeresis maksimum dalam bentuk prosentase skala penuh, yaitu:

$$\hat{H} = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{max} - Q_{min}} \cdot 100\% \quad (6)$$

2.4 Kalibrasi

2.4.1 Analisa Type A , (U_a)

Pada tipe ini biasanya ditandai dengan adanya data pengukuran, misalnya n kali pengukuran, maka selanjutnya dari data tersebut, akan ditemukan nilai rata-ratanya, standar deviasinya, dan atau repeatabilitynya. Bentuk kurva dari tipe ini adalah sebaran Gauss. Rumus umum ketidakpastian untuk tipe A ini adalah:

$$U_a = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

dimana σ = Standar Deviasi

2.4.2 Analisa type B, U_B

Jika Alat digital : Ketidakpastian (u)

$$u = (1/2 \text{ resolusi}) / \sqrt{3} \quad (8)$$

untuk Alat analog : Ketidakpastian (u)

$$u = \text{Readability} / 2 \quad (9)$$

2.4.3 Ketidakpastian Kombinasi , U_c

Selanjutnya dari semua sumber ketidakpastian tersebut diatas harus dikombinasikan / digabungkan untuk memberikan gambaran menyeluruh ketidakpastian dari hasil kalibrasi tersebut. Rumus umum ketidakpastian kombinasi adalah:

$$U_c = \sqrt{\sum (U_a)^2 + \sum (U_B)^2} \quad (10)$$

Atau secara umum :

$$Uc^2 = \Sigma(Ci.Ui)^2 \dots\dots\dots(11)$$

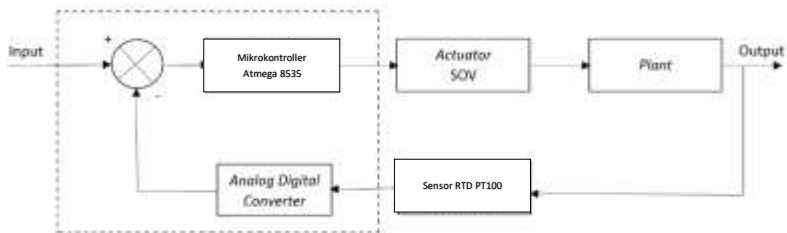
Dimana ci = koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-I

2.5 Sistem Pengendalian Temperatur dengan Furnace

Pada Heat Exchanger, pembakaran sangat diperhatikan pada proses ini untuk menjaga kestabilan temperatur yang berada pada ruang bakar di dalam heat exchanger. Pada pengendalian temperature menggunakan sensor thermocouple tipe K serta controller menggunakan Atmega 8535. Mikrokontroller mengolah data dari sensor untuk digunakan mengatur actuator pada fuel gas burner. Berikut rumus perpindahan panas pada Heat Exchanger untuk mencari set point temperatur ruang bakar:

Luas permukaan tubing: $A = 2\pi rl$ A = luas permukaan r = jari-jari l = tinggi	$A = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,3125 \cdot 3600$ $= 7065 \text{ cm}^2$
Volume tubing: $V = \pi r^2 t$ V = volume t = tinggi r = jari-jari	$V = 3,14 \cdot (0,3125)^2 \cdot 3600$ $= 11,04 \text{ liter}$ Massa = 11,04 kg
Temperatur: $Q = mc\Delta T$ Q = kalor (Kkal) m = massa (kg) c = kalor jenis (kal/gr °C) ΔT = perubahan suhu (°C)	$Q = 11 \cdot 1026 \cdot (120 - 25)$ $= 1.072.170 \text{ Kkal}$

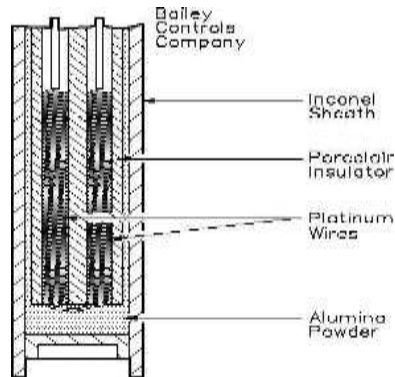
Berikut adalah diagram blok sistem pengendalian temperature:



Gambar 2.3 Blok Diagram Sistem Pengendalian Temperatur

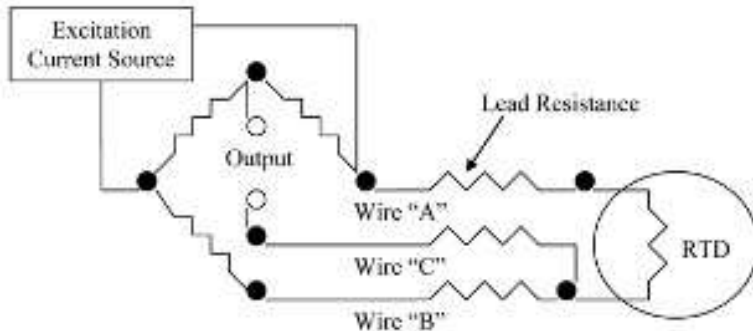
2.6 Sensor RTD PT100

RTD yang merupakan singkatan dari Resistance Temperature Detector adalah sensor suhu yang pengukurannya menggunakan prinsip perubahan resistansi atau hambatan listrik logam yang dipengaruhi oleh perubahan suhu. RTD adalah salah satu sensor suhu yang paling banyak digunakan dalam otomatisasi dan proses kontrol. Pada tipe elemen wire-wound atau tipe standar, RTD terbuat dari kawat yang tahan korosi, yang dililitkan pada bahan keramik atau kaca, yang kemudian ditutup dengan selubung probe sebagai pelindung. Selubung probe ini biasanya terbuat dari logam inconel (logam dari paduan besi, chrom, dan nikel). Inconel dipilih sebagai selubung dari RTD karena tahan korosi dan Ketika ditempatkan dalam medium cair atau gas, selubung inconel cepat dalam mencapai suhu medium tersebut. Antara kawat RTD dan selubung juga terdapat keramik (porselen isolator) sebagai pencegah hubung pendek antara kawat platina dan selubung pelindung. Perhatikan gambar dibawah ini.



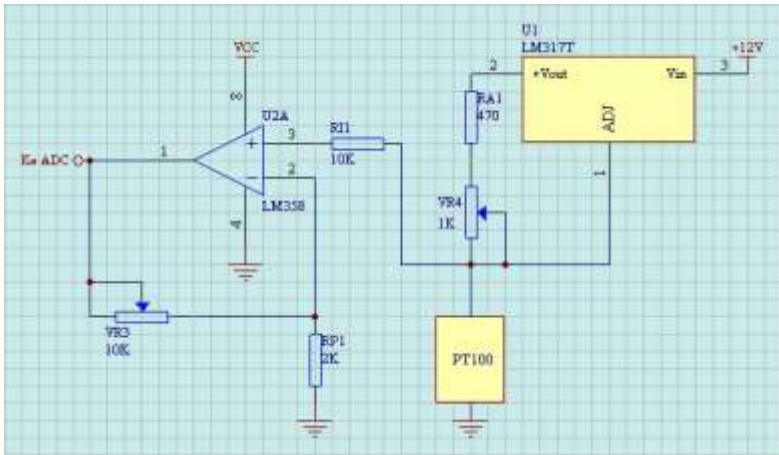
Gambar 2.4 Komponen penyusun sensor RTD

Ketika suhu elemen RTD meningkat, maka resistansi elemen tersebut juga akan meningkat. Dengan kata lain, kenaikan suhu logam yang menjadi elemen resistor RTD berbanding lurus dengan resistansinya. elemen RTD biasanya ditentukan sesuai dengan resistansi mereka dalam ohm pada nol derajat celcius (0°C). Spesifikasi RTD yang paling umum adalah $100\ \Omega$ (RTD PT100), yang berarti bahwa pada suhu 0°C , elemen RTD harus menunjukkan nilai resistansi $100\ \Omega$.



Gambar 2.5 rangkaian pengukuran jembatan wheatstone RTD PT 100

Dalam konfigurasi RTD 3 wire ini, kabel “A” dan “B” harus memiliki kedekatan atau panjang yang sama. Panjang kabel ini sangat berarti karena tujuan dari jembatan wheatstone adalah untuk membuat impedansi dari kabel A dan B. Dan kabel C berfungsi sebagai pembawa arus yang sangat kecil.



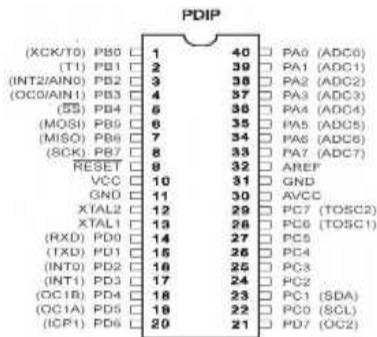
Gambar 2.6 Rangkaian simulasi RTD PT100 pada aplikasi Proteus

Dalam prakteknya, arus listrik akan mengalir melalui elemen RTD (elemen resistor) yang terletak pada tempat atau daerah yang mana suhunya akan diukur. Nilai resistansi dari RTD kemudian akan diukur oleh instrumen alat ukur, yang kemudian memberikan hasil bacaan dalam suhu yang tepat, pembacaan suhu ini didasarkan pada karakteristik resistansi yang diketahui dari RTD

2.7 Mikrokontroller ATmega 8535

Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler adalah sebuah komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik.

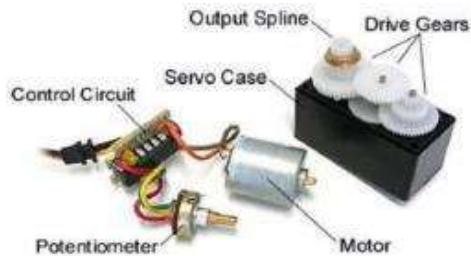
Mikrokontroler itu sejenis mikroprosesor yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya adalah "pengendali kecil" dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi / diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.



Gambar 2.7 Mikrokontroler ATmega8535 dan konfigurasi [3]

2.8 Motor Servo

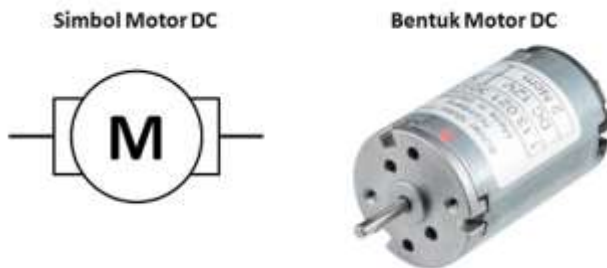
Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor untuk menggerakan *valve*. Motor servo terdiri dari motor DC, serangkaian *gear*, rangkaian kontrol dan potensiometer. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servodiaturnya berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.



Gambar 2.8 Komponen Motor Servo

Berat	: 13.4g
Ukuran	: 22.8 x 12.2 x 28.5mm
Stall torque	: 1.8 kg-cm (4.8V DC); 2.2 kg-cm (6V DC)
Speed	: 0.1 sec/60 (4.8V DC); 0.08 sec/60 (6V DC)
Tegangan	: 4.8-6V DC
Gear	: metal gear
Panjang kabel	: 15cm

2.9 Motor DC



Gambar 2.9 Motor DC

Motor Listrik DC atau DC Motor ini menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (Revolutions per minute) dan dapat dibuat berputar searah

jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam apabila polaritas listrik yang diberikan pada Motor DC tersebut dibalik. Motor Listrik DC tersedia dalam berbagai ukuran rpm dan bentuk. Kebanyakan Motor Listrik DC memberikan kecepatan rotasi sekitar 3000 rpm hingga 8000 rpm dengan tegangan operasional dari 1,5V hingga 24V. Apabila tegangan yang diberikan ke Motor Listrik DC lebih rendah dari tegangan operasionalnya maka akan dapat memperlambat rotasi motor DC tersebut sedangkan tegangan yang lebih tinggi dari tegangan operasional akan membuat rotasi motor DC menjadi lebih cepat. Namun ketika tegangan yang diberikan ke Motor DC tersebut turun menjadi dibawah 50% dari tegangan operasional yang ditentukan maka Motor DC tersebut tidak dapat berputar atau terhenti.

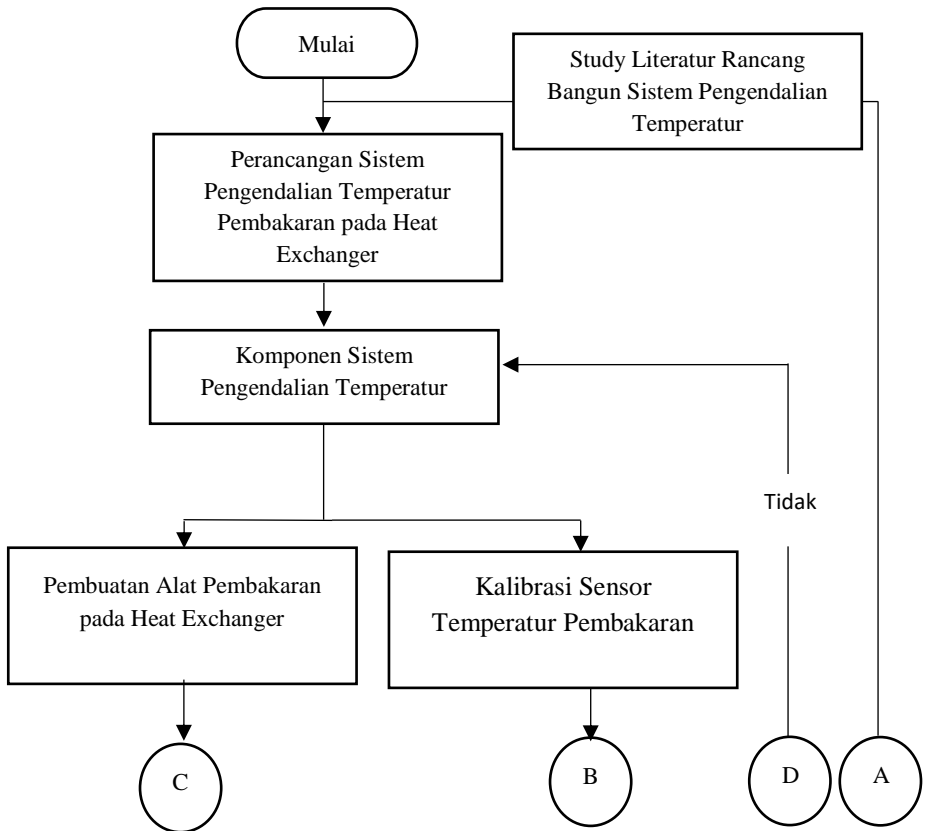
BAB III

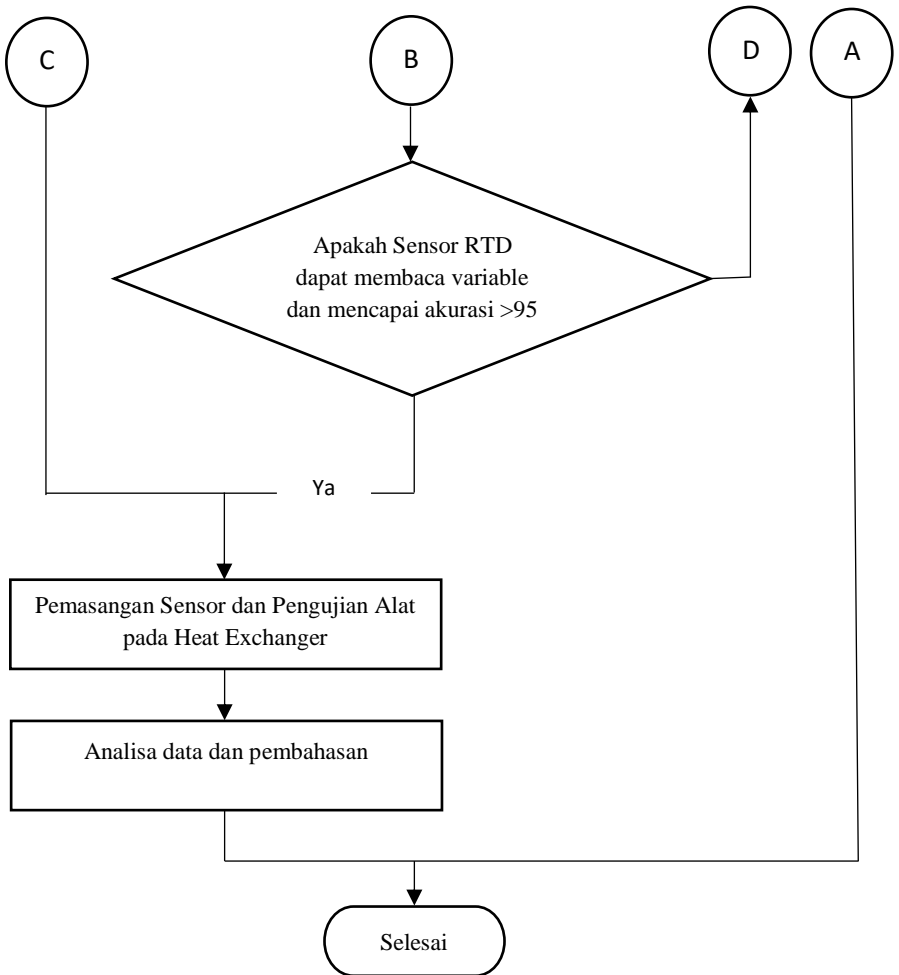
METODOLOGI PERCOBAAN

Adapun metodologi penelitian pada judul tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

3.1 *Flow chart* Diagram Alir Pembuatan Alat

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai prosedur tahapan dalam penelitian tugas akhir yang dilakukan. Dengan *flowchart* dibawah ini:





Gambar 3.1 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir

Adapun keterangan gambar 3.1 mengenai diagram diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Dilakukan kajian terhadap metode-metode, konsep, atau teori yang terkait dengan penelitian yang dilakukan, baik yang

bersumber dari jurnal, laporan penelitian, maupun buku-buku yang memiliki bahasan yang sesuai dengan tema penelitian.

b. Perancangan Sistem Pengendalian Temperatur

Dilakukan perancangan sistem pengendalian *temperature* pada ruang pembakaran di *Heat Exchanger*. Perancangan dilakukan dengan membuat diagram blok alir pada proses tersebut, desain PnID (*Piping and Instrument Diagram*), desain 3D mekanik, serta desain wiring pada alat.

c. Komponen Sistem Pengendalian Temperatur

Dilakukan kajian terhadap komponen pada sistem pengendalian *temperature* pada ruang pembakaran di *Heat Exchanger*. Komponen dapat berupa seperti sensor, controller, actuator serta safety element pada pengendalian temperatur pembakaran.

d. Pembuatan Alat Pembakaran Pada Heat Exchanger

Dilakukan pembuatan serta pemasangan equipment alat pembakaran pada heat exchanger seperti heat exchanger, kompor, pemantik, dan supply gas LPG.

e. Kalibrasi Sensor Temperatur Pembakaran

Dilakukan kalibrasi sensor temperatur untuk membandingkan pembacaan nilai alat ukur standar dengan alat ukur yang di uji agar sensor dapat mencapai tingkat akurasi yang dibutuhkan

f. Pemasangan Sensor dan Pengujian Alat pada Heat Exchanger

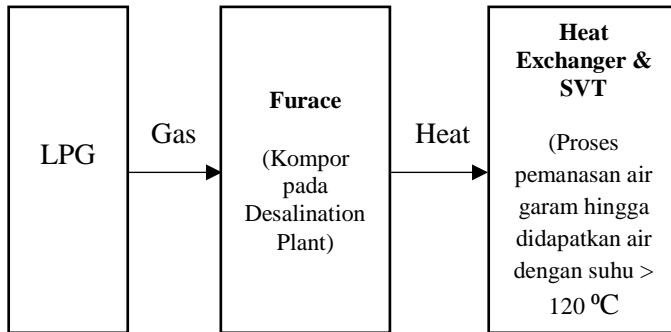
Dilakukan integrasi antara sensor yang sudah dikalibrasi dengan komponen alat heat exchanger untuk pengambilan data pada plan Desalinasi.

g. Analisis Kinerja Sistem Pengendalian Temperatur

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah kinerja dari masing – masing komponen sesuai dengan perancangan mekanik alat.

3.2 Metodologi Pengerjaan

Pada perancangan tugas akhir ini dilakukan sistem pengendalian temperatur pada Heat Exchanger dimana proses pembakaran pada Heat Exchanger terjadi secara terus – menerus hingga mencapai set point nya.

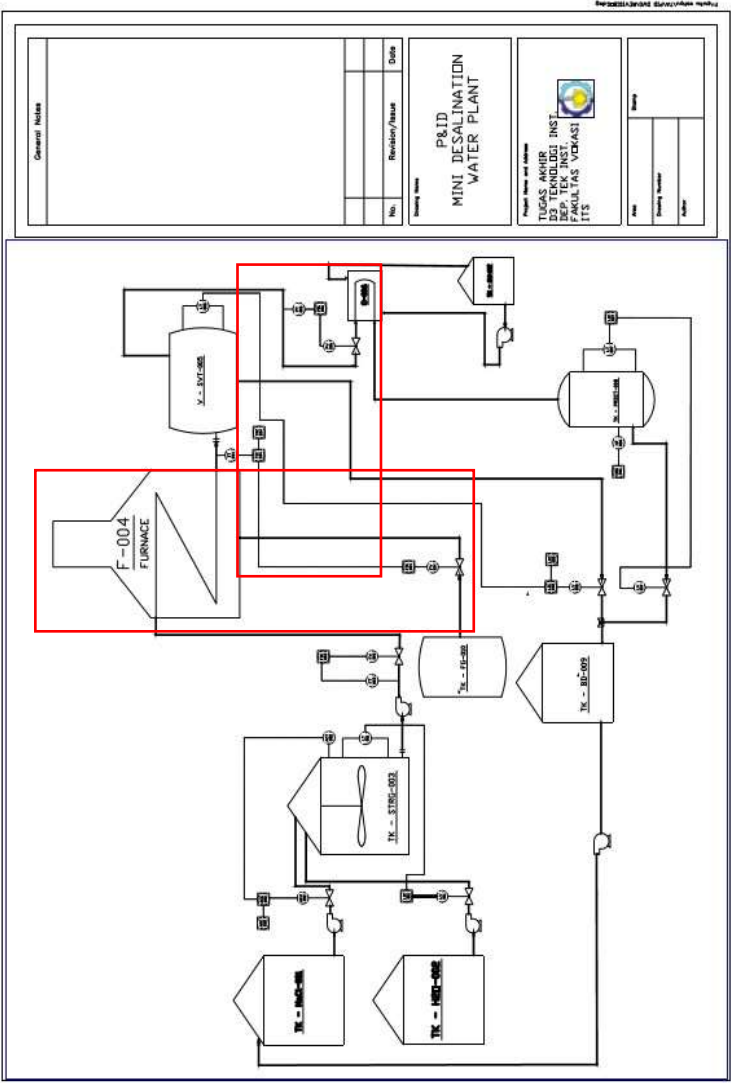


Gambar 3.2 Block Flow Diagram Sistem Pengendalian Temperatur pada Heat Exchanger

Pada gambar diatas merupakan proses pembakaran pada Heat Exchanger yang berawal dari LPG yang sebagai supply Gas pembakaran, kemudian Gas dibakar pada furnace / kompor pada Desalination Plant sehingga mengeluarkan api yang membakar pada Heat Exchanger. Kemudian panas dari api furnace digunakan untuk menaikkan suhu pada Heat Exchanger sampai set point 120°C

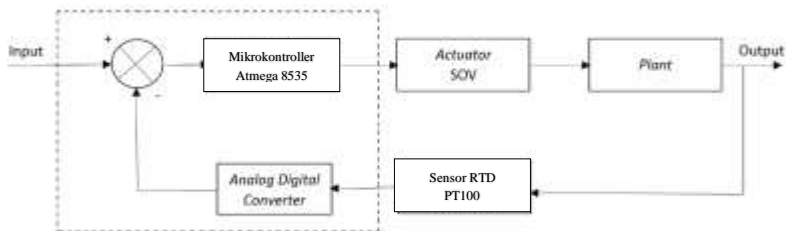
3.3 Studi Literatur

Pada tugas akhir ini dirancang sistem pengendalian temperatur Heat Exchanger. Pada sistem pengendalian temperatur ini ada variable proses yang dikendalikan yaitu temperatur pada ruang bakar Heat Exchanger.



Gambar 3.3 Piping & Instrumentation Diagram Desalination Plant

Pada gambar 3.3 merupakan P&ID dari Desalination, pada gambar tersebut sistem pengendalian temperatur heat exchanger terdapat pada gambar yang ditandai kotak merah. Pemanasan pada heat exchanger harus mencapai set point sebesar 215°C agar proses pertukaran panas menjadi maksimal. Perancangan sistem pengendalian temperatur ini terdapat beberapa proses yaitu perancangan *sensing element*. Komponen *sensing element* ini menggunakan sensor RTD baut tipe PT100. Pemrosesan sinyal menggunakan mikrokontroler Atmega 8535 serta dimanipulasi dalam putaran motor servo. Berikut ini blok diagram sistem pengendalian temperatur:



Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem Pengendalian Temperatur

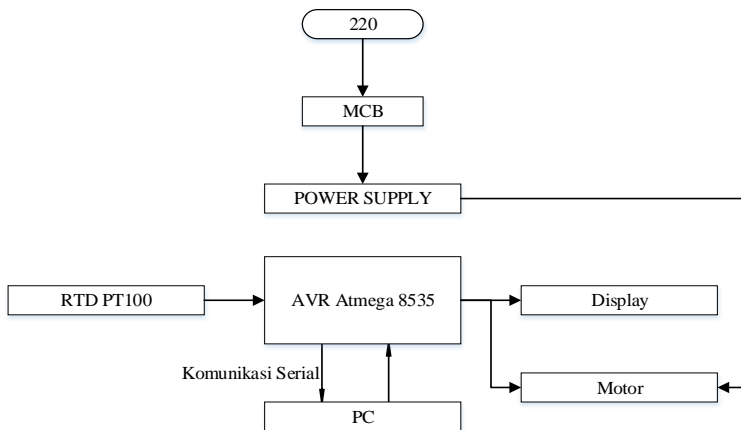
Dari diagram blok diatas suhu pada Heat Exchanger di deteksi oleh sensor RTD PT100 karena output dari sensor RTD sudah berupa sinyal ADC maka tidak dibutuhkan pengondisian sinyal, kemudian akan diproses oleh elemen pemrosesan sinyal menggunakan mikrokontroler Atmega8535 menggerakkan actuator berupa motor servo untuk membuka output gas.

3.4 Perancangan Mekanik dan Elektrik

Pembuatan mekanik dan elektrik untuk sistem pengendalian temperatur ini terdapat perancangan pada rangkaian sensing element, perancangan pada mikrokontroler Atmega8535, dan menggerakkan actuator motor servo. Berikut ini merupakan penjelasan setiap perancangan tersebut:

3.4.1 Perancangan Elektrik

Perancangan Elektrik ini merupakan pembahasan dari bagaimana perancangan elektrik hingga menjadi sebuah kontrol panel yang akan digunakan untuk sistem pengendalian Temperatur pembakaran pada burner Heat Exchanger. Berikut gambar diagram blok rangkaian elektrik yang akan digunakan pada pengendalian temperatur burner Heat Exchanger:

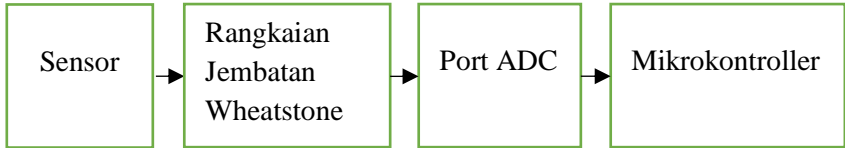


Gambar 3.5 Diagram Blok rangkaian elektrik

Berikut adalah komponen penyusun hardware elektrik yang akan dijelaskan pada setiap sub point.

3.4.2 Sensor temperatur

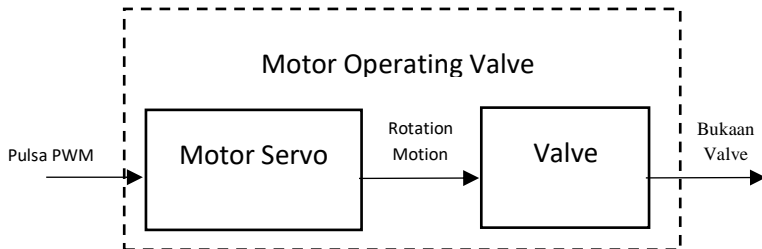
Dalam perancangan tugas akhir ini, sensor yang digunakan berupa RTD tipe PT100. Sensor diletakkan di Heat Exchanger yang merupakan hasil pertukaran panas antara ruang pembakar dengan produk yang berada di dalam pipa Heat Exchanger. Digunakan sensor RTD dikarenakan suhu yang dihasilkan dapat diterima lebih dari 300°C



Gambar 3.5 Diagram blok sensor

3.4.3 Aktuator Motor Operating Valve

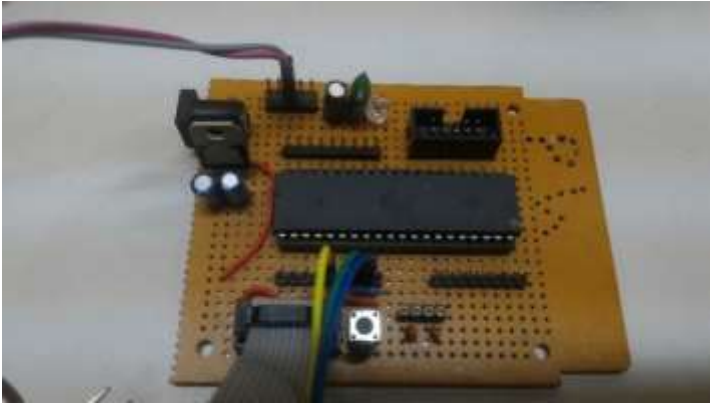
Pada final control element digunakan sebuah motor operating valve yang digunakan untuk mengatur Suplai Gas LPG di furnace Heat Exchanger. Pada motor operating valve diberikan nilai pulse of modulation sebesar 100ms dan untuk menutup secara penuh diberikan nilai pulse of modulation sebesar 40ms. Sehingga untuk bentuk diagram blok motor operating valve perancangannya dapat dilihat pada gambar 3.6 Diagram blok motor operating valve.



Gambar 3.6 Diagram blok motor operating valve

3.4.4 Microcontroller Atmega8535

Pada perancangan ini menggunakan controller berupa minimum system Atmega8535 sebagai controller utama, berikut gambar minimum sistem Atmega 8535:



Gambar 3.7 Mikrokontroller Atmega 8535

3.4.5 Power Supply

Power Supply merupakan komponen utama yang bertindak sebagai sumber atau catu daya. Power Supply yang digunakan bertegangan 5VDC 3A sebagai supply actuator dan mikrokontroller. Berikut gambar power supply yang akan digunakan pada plan.

3.5 Kalibrasi Sensor Temperatur Burner

Kalibrasi sensor RTD PT 100 dilakukan dengan cara memanaskan air dengan heater hingga suhu 90 derajat Celsius kemudian diambil data kenaikan suhu setiap 5 derajat Celsius. Pengujian ini juga dilakukan pembacaan turun guna menentukan karakteristik static dari sensor yang digunakan.

- Koreksi
Koreksi = pembacaan alat – pembacaan std(3.5)
- Rata rata koreksi

$$\text{rata Koreksi} = \frac{\sum_n^1 \text{Koreksi}}{n} \dots\dots\dots (3.6)$$

- Ketidakpastian Tipe A (U_{a1})

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots \dots \dots (3.7)$$

- Standart Deviasi

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}{n-1} \dots \dots \dots (3.8)$$

- Nilai Ketidakpastian Regresi (U_{a2})

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \dots \dots \dots (3.9)$$

- Nilai SSR

$$SSR = a + (b \times t_i) \dots \dots \dots (3.10)$$

$$a = \bar{y}_i - (b \times \bar{t}_i) \dots \dots \dots (3.11)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum y \cdot \sum t_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} \dots \dots \dots (3.12)$$

- ketidakpastian alat standar termometer (U_{B2})

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} \dots \dots \dots (3.13)$$

- U_{B2}

$$U_{B2} = \frac{a}{k} \dots \dots \dots (3.14)$$

- Nilai ketidakpastian kombinasi U_c

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \dots \dots \dots (3.15)$$

- Nilai V_{eff}

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i} \dots \dots \dots (3.16)$$

- Ketidakpastian Berulang

$$U_{exp} = k \times U_c \dots \dots \dots (3.20)$$

3.6 Mengetahui Karakteristik Statik alat ukur

- Sensitivitas (dari data pengujian alat)

$$= \frac{\Delta O}{\Delta I} \dots \dots \dots (3.21)$$

- Akurasi :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \dots \dots \dots (3.22)$$

dengan Y_n = Pembacaan standar dan X_n = Pembacaan alat

- Error :

$$e = 1 - A \dots \dots \dots (3.23)$$

- Histerisis

$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow}, \widehat{H} = H(I)_{max} \dots \dots \dots (3.24)$$

- Linieritas

$$K = \frac{O_{max} - O_{min}}{I_{max} - I_{min}} \dots \dots \dots (3.25)$$

- Nilai O ideal

$$O_{ideal} = KI + a \dots \dots \dots (3.26)$$

Dengan nilai a adalah

$$a = O_{min} - KI_{min}$$

- Non Linieritas

$$N = \frac{[O - KI + a]_{max}}{O_{max} - O_{min}} 100\% \dots \dots \dots (3.26)$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini akan dijelaskan tentang pengujian alat dan sekaligus dilakukan analisis dari data yang telah diperoleh. Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi dan hasil yang didapatkan dari alat yang telah di buat. Berikut merupakan gambar miniplant Desalinasi.



Gambar 4.1 Miniplant Desalination Water

4.1 Pengujian Sensor RTD

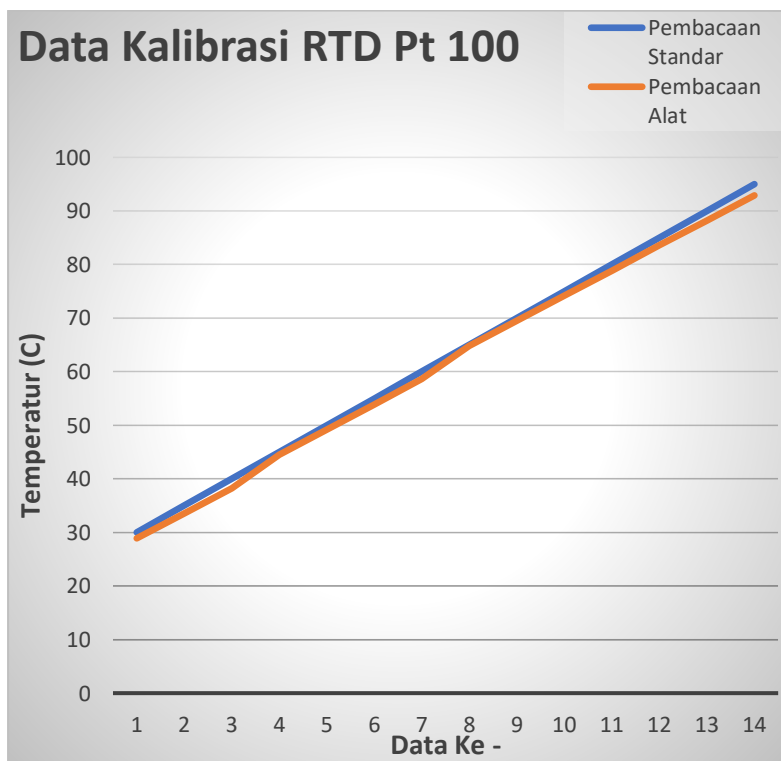
Uji sensor RTD dilakukan dengan cara membandingkan RTD Pt 100 dengan thermometer air raksa. Dilakukan pengujian kedua alat ukur dengan cara memasukkan kedua alat ukur kedalam heater listrik yang telah diisi air. Kemudian dilakukan pengukuran setiap 30 detik sekali, pada tabel 4.1 didapatkan 20 data pengukuran yang telah dihasilkan

Tabel 4.1 Tabel Uji Sensor

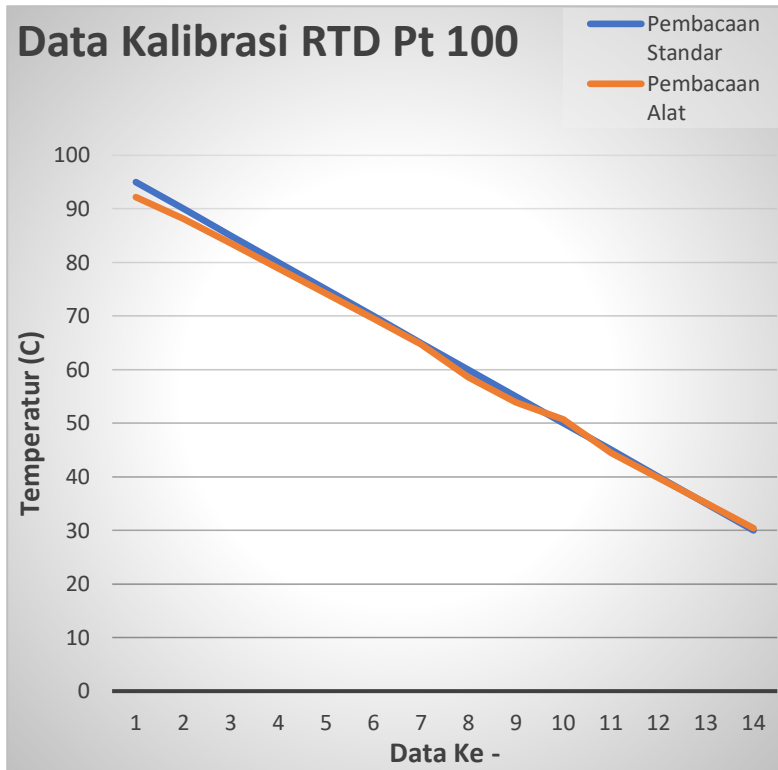
Pembacaan Naik			
No	Pembacaan Standar (°C)	Pembacaan Alat (°C)	Error (%)
1	30	28.9	0.96333333
2	35	33.6	0.96
3	40	38.2	0.955
4	45	44.5	0.98888889
5	50	49.2	0.984
6	55	53.9	0.98
7	60	58.6	0.97666667
8	65	64.8	0.99692308
9	70	69.5	0.99285714
10	75	74.2	0.98933333
11	80	78.9	0.98625
12	85	83.6	0.98352941
13	90	88.2	0.98
14	95	92.9	0.97789474
Rata – Rata			0.97961976
Pembacaan Turun			
No	Pembacaan Standar (°C)	Pembacaan Alat (°C)	Error (%)
1	95	92.9	0.97052632
2	90	88.2	0.98
3	85	83.6	0.98352941
4	80	78.9	0.98625
5	75	74.2	0.98933333
6	70	69.5	0.99285714
7	65	64.8	0.99692308
8	60	58.6	0.97666667
9	55	53.9	0.98

10	50	50.7	1.014
11	45	44.5	0.98888889
12	40	39.8	0.995
13	35	35.1	1.00285714
14	30	30.4	1.01333333
Rata - Rata			0.99072609

Table diatas merupakan hasil uji sensor RTD PT100 dengan kalibrator. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai alat ukur yang dibaca sensor dengan nilai ukur yang dibaca alat standar dengan rentang ukur oC dari table diatas dapat diperoleh grafik perbandingan :



Gambar 4.2 Grafik Uji Sensor Temperatur Naik



Gambar 4.3 Grafik Uji Sensor Temperatur Turun

Pada grafik Uji sensor dapat dilihat perbandingan antara sensor RTD PT100 dengan thermometer air raksa, dari grafik tersebut pembacaan alat ukur mendekati nilai standar yang ditunjukkan pada pembacaan standart. Kemudian data yang diperoleh dihitung Pengujian alat ukur ini bertujuan untuk mengetahui besar ketidakpastian alat ukur yang dibuat, sehingga dengan mengetahui hal tersebut bisa pula diketahui nilai ketidakpastian pengukuran (UA_1). Akan tetapi, sebelum menghitung nilai ketidakpastian dari alat ukur tersebut, maka perlu diketahui terlebih dahulu standard deviasi (δ) dari pengukuran tersebut. Adapun untuk menghitung standard deviasi (δ) sebagai berikut :

a. Ketidakpastian Tipe A (U_{a1})

Untuk mencari nilai ketidakpastian tipe A (U_{a1}) pertama mencari standar deviasi (σ) dari pembacaan alat ukur yakni jumlah dari nilai koreksi dibagi dengan ($n-1$), dimana n adalah jumlah data atau titik pengujian (dapat dilihat pada persamaan 3.7) sehingga didapatkan

$$(U_{a1}) = 0.9887892$$

b. Nilai Ketidakpastian Regresi (U_{a2})

Sesuai persamaan 3.9 didapat nilai U_{a2}

$$U_{a2} = 5.00422513$$

c. Nilai ketidakpastian tipe B

Pada ketidakpastian tipe B ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{B1}) dan ketidakpastian alat standar termometer (U_{B2}). Berikut ini adalah perhitungan ketidakpastian tipe B sesuai persamaan 3.13 dan 3.14

$$U_{B1} = 0.002886751$$

$$U_{B2} = \frac{a}{k},$$

dikarenakan pada alat standar terdapat sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $U_{B2} = 0$

d. Nilai ketidakpastian kombinasi U_c :

Didapatkan nilai kombinasi U_c sesuai persamaan 3.15

$$= 5.117334084$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

$$V = n-1, \text{ sehingga :}$$

$$V1 = 4; V2 = 4; V3 = \infty;$$

Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$= \frac{(5.117334084)^4}{(0.9887892)^4/4 + (5.00422513)^4/4 + (0.002886751)^4/\infty}$$

$V_{eff} = 46.36308798$, sehingga jika dibulatkan menjadi 16, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2.67

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian berulang dapat diketahui menggunakan persamaan 3.20 sebesar :

$$\%U_{exp} = 13.79\%$$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar ± 0.207 dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan

4.1.1 Karakteristik Statis Sensor RTD PT100

Karakteristik statik adalah karakteristik yang harus diperhatikan apabila alat tersebut digunakan untuk mengukur suatu kondisi yang tidak berubah karena waktu atau hanya berubah secara lambat laun. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai karakteristik dari sensor RTD PT100 diantaranya sebagai berikut :

- a. Sensitivitas (dari data pengujian alat)
Sesuai dengan persamaan 3.21 didapatkan nilai sensitivitas dari alat ukur adalah : 0.94
- b. Akurasi
Sesuai dengan persamaan 3.22 didapatkan nilai akurasi dari alat ukur adalah : 96%
- c. Error
Sesuai dengan persamaan 3.23 didapatkan nilai error dari alat ukur adalah : 4%
- d. Histerisis
Dari persamaan 3.24 didapat nilai histerisis sebagai berikut:
 $\% \text{ Maksimum histeresis} = 4.7\%$

Sehingga diperoleh nilai karakteristik statik dari sensor RTD Pt 100 diantaranya :

- a. Range : 30 – 95 °C
- b. Span : 4.7 °C
- c. Resolusi : 0.01
- d. Sensitifivitas (K) : 0.94°C
- e. % maksHisterisis : 4.7%
- f. Akurasi : 96%
- g. Kesalahan (error) : 4%

4.1.2 Data hasil percobaan alat

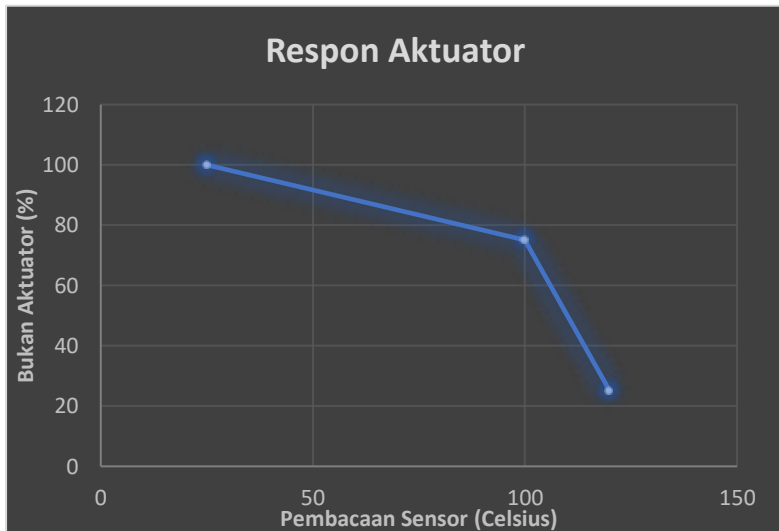
Dari hasil percobaan alat yang telah dilakukan, didapatkan hasil data sebagai berikut:

Respon actuator terhadap pembacaan sensor, dimana respon actuator diatur dalam 3 kondisi, yaitu bukaan 100 % , 75% , dan 25%.

Tabel 4.2 Respon Aktuator

No	Pembacaan Sensor (°C)	Aksi Bukaan actuator (%)
1	25 - 100	100
2	100-120	75
3	>120	25

Berdasarkan data yang didapatkan yaitu respon actuator terhadap sensor, dapat dibuat grafik hubungan antara sensor dan actuator sebagai berikut:



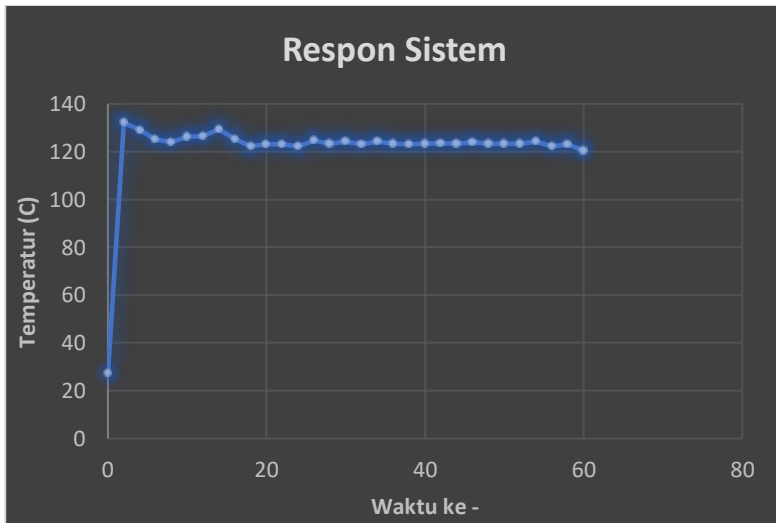
Gambar 4. 4 Grafik Respon Aktuator

Pada data respon actuator dapat diketahui bahwa kerja actuator pada sistem ini akan membuka secara penuh (Full Open) pada suhu

temperatur heat exchanger 25 – 100 °C. Ketika suhu temperatur heat exchanger berada 100 - 120 °C maka valve akan membuka 75%. Ketika suhu diatas 120 °C maka valve akan membuka sebanyak 25%

- Data Respon sistem terhadap waktu

Berdasarkan data yang diperoleh telah dilampirkan di lampiran F didapatkan grafik respon sistem terhadap waktu mulai dari start up plan hingga nilai set point tercapai yaitu pada titik 120°C. Berikut grafik respon sistem dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4. 5 Grafik respon sistem

Dari Grafik Respon Time dapat dilihat respon diatas mulai dititik 29°C. Respon pembacaan temperatur cepat naiknya dikarenakan valve pada gas input menuju kompor membuka 100% untuk mengejar setpoint 120°C. Pada titik 120°C Respon temperature turun disebabkan oleh valve gas input membuka 25%.

Untuk mencapai dari awal sampai mencapai set point 120° C (settling time) diperlukan waktu 1.2 menit.

a. *Maximum Overshoot (Mp)*

$$Mp = \frac{PV_{max} - Setpoint}{Setpoint} \times 100\% \quad (4.1)$$

$$Mp = \frac{138.17 - 120}{120} \times 100\%$$

$$Mp = 2.29 \%$$

b. *Settling Time (Ts)*

$$Ts = 2\% \times setpoint \quad (4.2)$$

$$Ts = 0.02 \times 120$$

$$Ts = 2.4$$

120 – 2.4 = 117.6° C. Jika ditarik garis terhadap waktu, maka Ts menunjukkan waktu ke 120s.

c. *Error Steady State (Ess)*

$$Ess = 2\% \times setpoint \quad (4.3)$$

$$Ess = 0.02 \times 120$$

$$Ess = 2.4$$

$$120 - 2.4 = 117.6$$

$$120 + 2.4 = 124.4$$

$$\frac{PV_{max} - PV_{min}}{PV_{min}} \times 100\% \quad (4.4)$$

$$\frac{138.17 - 120.4}{120.4} \times 100\% = 2.17 \%$$

Berdasarkan data yang diperoleh tersebut, diperoleh nilai *Maximum Overshoot (Mp)* sebesar 2.29% , nilai *Rise time (Tr)* sebesar 120 detik, nilai *Settling time* sebesar 120 detik, dan besarnya *Error Steady State (Ess)* sebesar 2.17 %. Dari hasil tersebut, mode control P sudah cukup untuk sistem agar dapat mencapai setpoint.

4.2 Pembahasan

Sensor pengendalian temperatur heat exchanger pada mini desalination water plant ini dirancang menggunakan sensor RTD PT100. Selain range pembacaan yang tinggi, jenis RTD ini banyak

digunakan karena mudah didapat dibandingkan tipe yang lain. RTD yang digunakan pada tugas akhir ini juga telah diuji dan telah memenuhi kriteria standart yang dapat dilihat pada data diatas. Pemasangan Sensor RTD pada heat exchanger dilakukan mendekati tubing di dalam heat exchanger. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perubahan suhu yang berada pada ruang bakar heat exchanger.



Gambar 4.6 Pemasangan Sensor Suhu

Gambar diatas merupakan hasil dari pemasangan RTD yang diletakkan di HE. Dari data percobaan yang telah dilakukan dapat diketahui kenaikan suhu dari HE ketika api sudah menyala pada heat exchanger.

Sesuai dengan data yang telah diperoleh dari pengambilan data diatas dapat diketahui bahwa respon sistem pengendalian temperature Heat Exchanger pada plant ini memerlukan waktu

steady state sekitar 140 detik sejak plant dinyalakan. Hal ini menunjukkan bahwa pergerakan dari suhu Heat Exchanger akan mencapai nilai puncaknya (maximum overshoot) untuk kemudian turun menjadi steady state. Hal ini dikarenakan proses pemanasan Heat Exchanger memerlukan waktu tertentu untuk proses mencapai suhu yang tinggi sehingga diperlukan waktu oleh sistem agar dapat mencapai steady state.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

Pada bab terakhir ini merupakan pengambilan kesimpulan dari semua hasil data yang di dapat dan telah dianalisis sebagaimana telah di jelaskan pada proses perancangan hingga menjadi alat yang siap di running untuk dianalisis responya dan saran yang diberikan untuk menyempurnakan alat ini.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari semua hasil pengujian dan analisis data yang telah di bahas maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengendalian temperature pada heat exchanger sangat diperlukan untuk proses pertukaran panas mengingat semakin lama proses pembakaran maka panas pada heat exchanger semakin tinggi.
2. Dari data yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa waktu untuk system mencapai steady state adalah 30 menit
3. Meskipun telah mencapai steady state, pada system ini masih terjadi osilasi pada titik steady state yang dapat dilihat pada data yang diperoleh.

5.2 Saran

Sistem yang sudah dirancang sudah bisa memenuhi target namun ada beberapa hal yang masih menjadi kekurangan pada plant yaitu:

1. Pengerjaan alat lebih diperhatikan guna memperlancar pembuatan alat sesuai target.
2. Grounding pada alat sebaiknya dipasang agar tidak membuat pembacaan sensor menjadi terganggu.

3. Pemantik pada kompor sebaiknya tidak menempel pada kerangka alat agar tidak mempengaruhi pembacaan alat maupun aktuator.

DAFTAR PUSTAKA

- Y. K. A. H. A. M. R. K. S. I. W. a. A. S. N. O. K. M. Ouda, "Journal of Water Reuse and Desalination," *Long-term desalinated water demand and investment requirements: a case study of Riyadh*, pp. 6-7, 2017.
- [1] D. Kern, "Heat Transfer," *International Student Edition*.
- [2] Atmel, "ATMega 8535," p. 2, 2016.
- [3] S. S. N. L. Geni Rina Sunaryo, "Desalinasi adalah proses pemurnian atau pengurangan garam terlarut di dalam air laut yang lebih besar dari 1000 ppm hingga 40.000 ppm menjadi air tawar dengan konsentrasi garam terlarut di bawah 1000 ppm. Sistem desalinasi yang pertama kali adalah Multi S," *ASPEK DASAR PROSES DAN TERMODINAMIKA DESALINASI*, p. 2, 1999.
- [4] K. S., "Seawater desalination using renewable energy sources.," 2005.
- [5] K. S., "Seawater desalination using renewable energy sources," 2005.
- [6] F. H. A. P. Ali MT, "A comprehensive techno-economical review of indirect solar desalination," 2011.
- [7] Antonio Gómez-Gotora, *. B.-G. (2017). Desalination. *The history of desalination in the Canary Islands* , 1.
- [8] Riffat, M. S. (2012). Water desalination technologies utilizing conventional and renewable energy sources. 2.

Lampiran A

Program Codevision AVR

```
#include <mega8535.h>
unsigned result;
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>

// Declare your global variables here

// Voltage Reference: AREF pin
#define ADC_VREF_TYPE ((0<<REFS1) | (0<<REFS0) |
(0<<ADLAR))

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | ADC_VREF_TYPE;
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=(1<<ADSC);
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & (1<<ADIF))==0);
    ADCSRA|=(1<<ADIF);
    return ADCW;
```



```
}
```

```
// SPI functions
```

```
#include <spi.h>
```

```
char lcd[33];
```

```
char lcd_buffer2[33];
```

```
void main(void)
```

```
{
```

```
int in;
```

```
float vin;
```

```
float out;
```

```
float out2;
```

```
float temp;
```

```
// Declare your local variables here
```

```
// Input/Output Ports initialization
```

```
// Port A initialization
```

```
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In
```

```
Bit1=In Bit0=In
```

```
DDRA=(0<<DDA7) | (0<<DDA6) | (0<<DDA5) | (0<<DDA4) |  
(0<<DDA3) | (0<<DDA2) | (0<<DDA1) | (0<<DDA0);
```

```
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T
```

```
Bit0=T
```

```
PORTA=(0<<PORTA7) | (0<<PORTA6) | (0<<PORTA5) |  
(0<<PORTA4) | (0<<PORTA3) | (0<<PORTA2) | (0<<PORTA1)  
| (0<<PORTA0);
```

```
// Port B initialization
```

```
// Function: Bit7=Out Bit6=In Bit5=Out Bit4=Out Bit3=In
```

```
Bit2=In Bit1=In Bit0=In
```

```
DDRB=(1<<DDB7) | (0<<DDB6) | (1<<DDB5) | (1<<DDB4) |  
(0<<DDB3) | (0<<DDB2) | (0<<DDB1) | (0<<DDB0);  
// State: Bit7=0 Bit6=T Bit5=0 Bit4=0 Bit3=T Bit2=T Bit1=T  
Bit0=T  
PORTB=(0<<PORTB7) | (0<<PORTB6) | (0<<PORTB5) |  
(0<<PORTB4) | (0<<PORTB3) | (0<<PORTB2) | (0<<PORTB1)  
| (0<<PORTB0);
```

```
// Port C initialization  
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In  
Bit1=In Bit0=In  
DDRC=(0<<DDC7) | (0<<DDC6) | (0<<DDC5) | (0<<DDC4) |  
(0<<DDC3) | (0<<DDC2) | (0<<DDC1) | (0<<DDC0);  
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T  
Bit0=T  
PORTC=(0<<PORTC7) | (0<<PORTC6) | (0<<PORTC5) |  
(0<<PORTC4) | (0<<PORTC3) | (0<<PORTC2) | (0<<PORTC1)  
| (0<<PORTC0);
```

```
// Port D initialization  
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In  
Bit1=Out Bit0=Out  
DDRD=(0<<DDD7) | (0<<DDD6) | (0<<DDD5) | (0<<DDD4) |  
(0<<DDD3) | (0<<DDD2) | (1<<DDD1) | (1<<DDD0);  
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=0  
Bit0=0  
PORTD=(0<<PORTD7) | (0<<PORTD6) | (0<<PORTD5) |  
(0<<PORTD4) | (0<<PORTD3) | (0<<PORTD2) | (0<<PORTD1)  
| (0<<PORTD0);
```

```

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=(0<<WGM00) | (0<<COM01) | (0<<COM00) |
(0<<WGM01) | (0<<CS02) | (0<<CS01) | (0<<CS00);
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

```

```

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Disconnected
// OC1B output: Disconnected
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=(0<<COM1A1) | (0<<COM1A0) | (0<<COM1B1) |
(0<<COM1B0) | (0<<WGM11) | (0<<WGM10);
TCCR1B=(0<<ICNC1) | (0<<ICES1) | (0<<WGM13) |
(0<<WGM12) | (0<<CS12) | (0<<CS11) | (0<<CS10);
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;

```

```
OCR1AH=0x00;  
OCR1AL=0x00;  
OCR1BH=0x00;  
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer2 Stopped  
// Mode: Normal top=0xFF  
// OC2 output: Disconnected  
ASSR=0<<AS2;  
TCCR2=(0<<WGM20) | (0<<COM21) | (0<<COM20) |  
(0<<WGM21) | (0<<CS22) | (0<<CS21) | (0<<CS20);  
TCNT2=0x00;  
OCR2=0x00;
```

```
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization  
TIMSK=(0<<OCIE2) | (0<<TOIE2) | (0<<TICIE1) |  
(0<<OCIE1A) | (0<<OCIE1B) | (0<<TOIE1) | (0<<OCIE0) |  
(0<<TOIE0);
```

```
// External Interrupt(s) initialization  
// INT0: Off  
// INT1: Off  
// INT2: Off  
MCUCR=(0<<ISC11) | (0<<ISC10) | (0<<ISC01) | (0<<ISC00);  
MCUCSR=(0<<ISC2);
```

```
// USART initialization
```

```

// USART disabled
UCSRB=(0<<RXCIE) | (0<<TXCIE) | (0<<UDRIE) |
(0<<RXEN) | (0<<TXEN) | (0<<UCSZ2) | (0<<RXB8) |
(0<<TXB8);

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// The Analog Comparator's positive input is
// connected to the AIN0 pin
// The Analog Comparator's negative input is
// connected to the AIN1 pin
ACSR=(1<<ACD) | (0<<ACBG) | (0<<ACO) | (0<<ACI) |
(0<<ACIE) | (0<<ACIC) | (0<<ACIS1) | (0<<ACIS0);

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 1000.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA=(1<<ADEN) | (0<<ADSC) | (0<<ADATE) |
(0<<ADIF) | (0<<ADIE) | (1<<ADPS2) | (0<<ADPS1) |
(0<<ADPS0);
SFIOR=(1<<ADHSM) | (0<<ADTS2) | (0<<ADTS1) |
(0<<ADTS0);

// SPI initialization
// SPI Type: Master
// SPI Clock Rate: 4000.000 kHz
// SPI Clock Phase: Cycle Start
// SPI Clock Polarity: Low

```

```

// SPI Data Order: MSB First
SPCR=(0<<SPIE) | (1<<SPE) | (0<<DORD) | (1<<MSTR) |
(0<<CPOL) | (0<<CPHA) | (0<<SPR1) | (0<<SPR0);
SPSR=(0<<SPI2X);

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=(0<<TWEA) | (0<<TWSTA) | (0<<TWSTO) |
(0<<TWEN) | (0<<TWIE);

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

while (1)
{
    in = read_adc(0);
    vin = in * (5.0/1024.0);
    out = ((323*5.0)-(323*vin)); // RUMUS ADC KE SUHU

```

```

out2 = (out/vin);
temp = (out-401);
  lcd_clear();
  lcd_gotoxy(0,0);
  lcd_putsf("T.BR=");
  lcd_gotoxy(6,0);
  ftoa(temp,2,lcd);
  lcd_puts(lcd);
  lcd_putsf("C");
  lcd_gotoxy(0,1);
  lcd_putsf("Valve");
  if(temp <= 215){
lcd_gotoxy(6,1);
lcd_putsf("100 %");
PORTD.1 =1;
delay_us(80);
PORTD.1 =0;
delay_ms(5);
  }
  if(temp >= 215){
lcd_gotoxy(6,1);
lcd_putsf("50 %");
PORTD.1 = 1;
delay_us(20);
PORTD.1 = 0;
delay_ms(5);
  }

```

Lampiran B

Datasheet Atmega 8535

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 512 Bytes Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega8535L
 - 0 - 16 MHz for ATmega8535



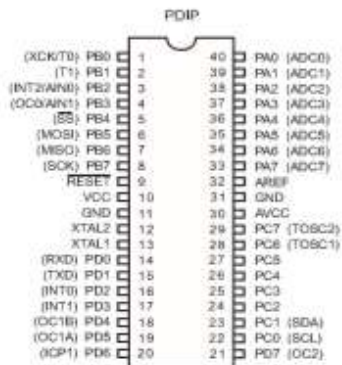
8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega8535
ATmega8535L

2540K-AVR-10/06

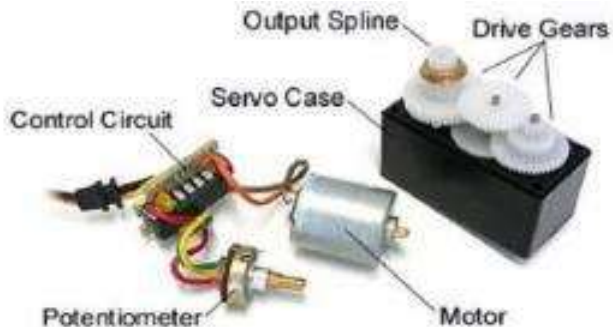


Figure 1. Pinout ATmega8535



Lampiran C

Datasheet Servo MG996R



This High-Torque MG996R Digital Servo features metal gearing resulting in extra high 10kg stalling torque in a tiny package. The MG996R is essentially an upgraded version of the famous MG995 servo, and features upgraded shock-proofing and a redesigned PCB and IC control system that make it much more accurate than its predecessor. The gearing and motor have also been upgraded to improve dead bandwidth and centering. The unit comes complete with 30cm wire and 3 pin 'S' type female header connector that fits most receivers, including Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum and Hitec. This high-torque standard servo can rotate approximately 120 degrees (60 in each direction). You can use any servo code, hardware or library to control these servos, so it's great for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in

small places. The MG996R Metal Gear Servo also comes with a selection of arms and hardware to get you set up nice and fast!

Specifications

Weight: 55 g

Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.

Stall torque: 9.4 kgf cm (4.8 V), 11 kgfcm (6 V)

Operating speed: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)

Operating voltage: 4.8 V a 7.2 V

Running Current 500 mA

Stall Current 2.5 A (6V)

Dead band width: 5 µs

Stable and shock proof double ball bearing design

Temperature range: 0 °C –4.8 V a 7.2 V 900 mA (6V)

double ball bearing design

Lampiran D

Datasheet RTD PT100

1-28 PT-100 Platinum RTDs

PT-100 Platinum RTDs

- Follows Lake Shore extended standard curve from 30 K to 70 K
- High reproducibility
- Low magnetic field dependence above 40 K
- Low susceptibility to ionizing radiation
- Conforms to DIN 43760 and IEC 751 Standards down to 70 K
- Lake Shore provides individual calibrations from 14 K to as high as 800 K
- SoftCal™ calibration available

PT-100 platinum resistance thermometers (PRTs) are an excellent choice for use as cryogenic temperature sensing and control elements in the range from 30 K to 873 K (-243 °C to 600 °C). Over this temperature span, PRTs offer high repeatability and nearly constant sensitivity, dR/dT . Platinum resistors are also of use as control elements in magnetic field environments where errors approaching a degree can be tolerated. PRTs are interchangeable above 70 K. The use of controlled-purity platinum assures uniformity from device to device.

PRTs experience rapidly decreasing sensitivity below approximately 30 K. They should be calibrated in order to achieve maximum accuracy for use below 100 K. The plot below illustrates platinum sensor conformance to the DIN 43760:1980 curve.



See the Reference Section for a detailed description of

Self-heating
Installation
Uncalibrated sensors
SoftCal™
Calibrated sensors
CalCurve™
Sensor packages

Notes

1. If your application requires more than one platinum resistor, up to five platinum resistors can be matched with one another to within ± 0.1 K at liquid nitrogen temperature with only one calibration being purchased. If absolute accuracy is required, one of these matched sensors can be calibrated. For larger quantities, or for different requirements, consult Lake Shore. At the time of order, add the suffix -LM to the sensor.

Example: PT-102-140-LN is a PT-102-LN sensor with a calibration range of 14 K to 100 K that is matched with at least one other uncalibrated PT-102 to within ± 0.1 K at liquid nitrogen temperature.

2. For metrological applications below 30 K, use a germanium resistor (page 1-22). PT-100 sensors are not useful below 14 K for metrology and are of limited use below 30 K for temperature control due to rapid decline in sensitivity.

3. For high temperature use consult at $T_{max} + 10^\circ\text{C}$.

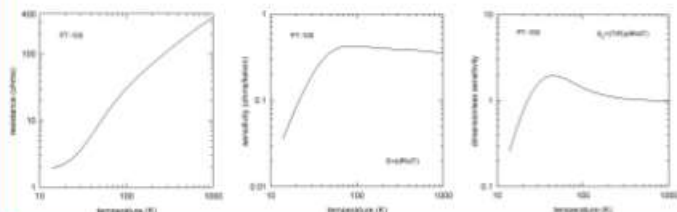
Typical Magnetic Field-Dependent Temperature Errors $\Delta T/T$ (%) at B (magnetic induction)

T(K)	2.5	5	8	14	19
B (tesla)					
20	20	—	100	250	—
40	0.5	1.5	3	8	8.8
80	0.04	0.14	0.4	1	1.9
300	-0.01	-0.001	-0.02	-0.07	-0.13

Recommended for use when $T \geq 30$ K.

Long axis parallel to B; orientation effects exist.
S.L. Brenti, L.G. Rubin and H.H. Sample, Low-Temperature Thermometry in High Magnetic Fields, V. Industrial-grade Pt resistors above 85 K, Rh-Fa and Au-Mn resistors above 40 K, Rev. Sci. Instrum. 59, 642 (1988).

Typical Resistance and Sensitivity values for PT-100s. See page A-57 for tabular data.



Platinum RTDs

Lampiran E

Berdasarkan lampiran
terdapat tabel data respon
sistem

No.	Detik ke -	Pembacaan Sensor (°C)
1	0	27.13
2	2	132.17
3	4	129.16
4	6	125.19
5	8	124.12
6	10	126.29
7	12	126.5
8	14	129.3
9	16	125.27
10	18	122.22
11	20	123.21
12	22	123.15
13	24	122.12
14	26	124.6
15	28	123.31

16	30	124.3
17	32	123.23
18	34	124.25
19	36	123.3
20	38	123.11
21	40	123.33
22	42	123.6
23	44	123.26
24	46	124.06
25	48	123.4
26	50	123.32
27	52	123.31
28	54	124.14
29	56	122.3
30	58	123.1
31	60	120.4

BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Mojokerto, 12 Juni 1997, Indonesia dan merupakan anak pertama. Penulis bertempat tinggal di Jl Kauman X/7 Mojokerto, Jawa Timur. Pada tahun 2003 penulis mengenyam pendidikan di SDN Gedongan 1 Mojokerto, selanjutnya pada 2009, penulis meneruskan sekolah di SMPN 1 Mojokerto, dan setelah lulus pada 2012, meneruskan ke SMA 3 Mojokerto. Penulis lulus tahun 2015 dan selanjutnya memasuki dunia perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tepatnya di Program Studi D3 Teknologi Instrumentasi Departemen Teknik Instrumentasi. Pada tahun terakhir penulis di bangku kuliah, dibuat suatu tugas akhir sebagai syarat memperoleh gelar A.Md yaitu mengenai **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE HEAT EXCHANGER PADA MINI DESALINATION WATER PLANT** yang berhasil disusun dalam bentuk laporan ini. Apabila terdapat pembaca yang memerlukan diskusi atau memiliki kritik dan saran dari tugas akhir ini dapat mengirimkan pesan melalui e-mail di rpifanfajarfanani@gmail.com.